



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift  
⑩ DE 196 39 717 A 1

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
B 41 J 2/045

②① Aktenzeichen: 196 39 717.0  
②② Anmeldetag: 28. 9. 96  
②③ Offenlegungstag: 17. 4. 97

DE 196 39 717 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
12.10.95 JP P 7-264121

⑦① Anmelder:  
Sharp K.K., Osaka, JP

⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte MÜLLER & HOFFMANN, 81667  
München

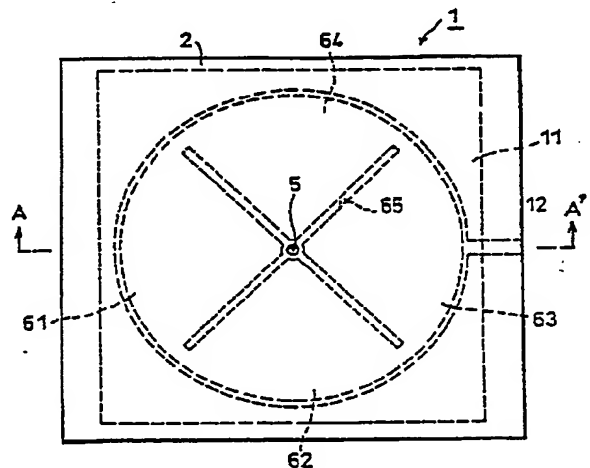
⑦② Erfinder:  
Hirata, Susumu, Nara, JP; Matoba, Hirotsugu,  
Sakurai, Nara, JP; Ishii, Yorishige, Yamatotokada,  
Nara, JP; Abe, Shingo, Tenri, Nara, JP; Onda,  
Hiroshi, Yamatokoriyama, Nara, JP; Inui, Tetsuya,  
Nara, JP

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 44 29 904 A1  
EP 05 84 823 A1  
Patents Abstracts of Japan M-1283 mit JP 4-99 638;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Tintenstrahlkopf und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤⑦ Ein erfindungsgemäßer Tintenstrahlkopf verfügt über einen ebenen Aufbau mit mehreren Platten, nämlich: einer Düsenplatte (2) mit einer zum Ausstoßen von Tinte verwendeten Düse, einer Druckausübungsplatte, die mit vorbestimmtem Intervall der Düsenplatte gegenüberstehend angeordnet ist, und einer Druckkammer (4), die durch den Zwischenraum zwischen den zwei Platten gebildet ist und mit Tinte befüllbar ist. Die Druckausübungsplatte, die dazu verwendet wird, Druck in der Druckkammer so zu erzeugen, daß in ihr befindliche Tinte in die Düse ausgestoßen wird, ist mit einem piezoelektrischen Dünnschichtelement versehen, das die Druckkammer unter Druck setzt. Dieser Aufbau ermöglicht es, im Vergleich mit herkömmlichen Aufbauten unter Verwendung volumenmäßiger piezoelektrischer Elemente, die Dicke und die Außenabmessungen eines Tintenstrahlkopfs stark zu verringern und auch für hohe Integrationsdichte zu sorgen. Dieser Aufbau ermöglicht auch Druck mit hoher Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit bei langer Lebensdauer.



DE 196 39 717 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02.97 702 016/574

12/22

Die Erfindung betrifft einen Tintenstrahlkopf zum Ausführen des Aufzeichnungsvorgangs durch Ausüben von Druck auf in einen Behälter eingefüllte Tinte, um sie zum Versprühen auszustößen, und sie betrifft auch ein Herstellungsverfahren für einen solchen Tintenstrahlkopf.

Es ist ein Tintenstrahl-Aufzeichnungsverfahren bekannt, bei dem ein Aufzeichnungsvorgang dadurch ausgeführt wird, daß eine Aufzeichnungsflüssigkeit ausgestoßen und versprüht wird. Dieses Verfahren verfügt über verschiedene Vorteile: relativ hohe Druckgeschwindigkeit bei wenig Geräuschen, Miniaturisierung ist möglich, ein Farbaufzeichnungsprozeß kann leicht ausgeführt werden usw.

Was bei einem solchen Verfahren verwendete Tintenstrahlköpfe betrifft, wurden verschiedene Anordnungen vorgeschlagen.

Ein Beispiel derartiger Tintenstrahlköpfe ist ein solcher unter Verwendung eines Blasenstrahlverfahrens. Bei einem solchen Tintenstrahlkopf ist ein Heizer innerhalb des die Tinte aufnehmenden Hohlraums angebracht. Die Tinte wird dadurch zum Sieden gebracht, daß ihr mittels des Heizers schnell Wärme zugeführt wird, wodurch Blasen erzeugt werden. Anders gesagt, variiert die Erzeugung von Blasen den Druck innerhalb des Hohlraums, wodurch Tinte durch die Düse ausgestoßen werden kann.

Darüber hinaus ist ein anderes Beispiel ein Tintenstrahlkopf unter Verwendung eines Druckausübungsverfahrens, wie er im Dokument JP-A-4-355147 (1992) offenbart ist. Bei diesem Tintenstrahlkopf wird Druck innerhalb einer Tintendruckkammer dadurch erzeugt, daß die Verformung eines piezoelektrischen Elements verwendet wird, wodurch Tintentröpfchen durch die Düse ausgestoßen werden.

Jedoch bestehen beim vorstehend angegebenen Stand der Technik die folgenden Probleme.

Erstens muß bei einem Tintenstrahlkopf unter Verwendung des Blasenstrahlverfahrens die Temperatur des Heizers momentan bis auf ungefähr 1000°C erwärmt werden, um die Tinte zum Sieden zu bringen, so daß Blasen erzeugt werden. Damit geht das Problem einer Beeinträchtigung des Heizers und damit einer kurzen Lebensdauer des Kopfs einher.

Beim Tintenstrahlkopf unter Verwendung des Druckverfahrens besteht kein Problem hinsichtlich der Lebensdauer. Da jedoch ein volumenmäßiges piezoelektrisches Element verwendet werden muß, sind zugehörige Bearbeitungs- und Zusammenbauprozesse erforderlich. Daraus ergeben sich die Probleme geringer Produktivität und Schwierigkeiten beim Versuch hohe Integrationsdichte zu erzielen, weswegen dieses Verfahren nicht für Druck mit hoher Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit geeignet ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Tintenstrahlkopf, der Druck mit hoher Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit ermöglicht und lange Lebensdauer aufweist, sowie ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Tintenstrahlkopfs zu schaffen.

Diese Aufgabe ist hinsichtlich des Tintenstrahlkopfs durch die Lehre des beigefügten Anspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens durch die Lehre des beigefügten Anspruchs 9 gelöst.

Beim erfindungsgemäßen Tintenstrahlkopf stehen die erste und die zweite Platte einander gegenüber, wobei zwischen ihnen die Druckkammer ausgebildet ist, die

mit Tinte gefüllt wird. Das piezoelektrische Element ist auf einem flexiblen, an der ersten Platte angebrachten Abschnitt ausgebildet, der verformt wird, wenn das piezoelektrische Element verformt wird. Demgemäß drückt die Verformung der ersten Platte die Druckkammer zusammen, wodurch sich innerhalb der Kammer befindliche Tinte aus ihr ausgestoßen werden kann.

Anders gesagt, verfügt die vorstehend angegebene Anordnung über eine ebene Struktur mit mehreren Platten unter Verwendung eines piezoelektrischen Dünnschichtelements auf der ersten Platte. Dadurch ermöglicht es diese Struktur im Vergleich mit der herkömmlichen Struktur unter Verwendung volumenmäßiger piezoelektrischer Elemente, die Dicke und die Außenabmessungen des Tintenstrahlkopfs stark zu verringern. So ist es möglich, einen Tintenstrahlkopf hoher Dichte zu erzeugen, der Druck mit hoher Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit ermöglicht. Darüber hinaus ist es möglich, da kein Heizer mehr erforderlich ist, wie beim herkömmlichen Blasenstrahlverfahren, einen Tintenstrahlkopf mit langer Lebensdauer zu erhalten.

Wenn der flexible Abschnitt aus mehreren Keilelementen besteht, von denen jeweils ein Ende am Substrat befestigt ist, wird der flexible Abschnitt in der Umfangsrichtung kaum verformt. Da diese Anordnung die Möglichkeit ausschließt, daß durch die Verformung des flexiblen Abschnitts eine unzureichende Druckkraft ausgeübt wird, sind die Tintenausstoßeigenschaften weiter verbessert.

Vorzugsweise ist jedes Keilelement streifenförmig so ausgebildet, daß es sich nach oben hin verengt. Diese Anordnung verkleinert die Breite jedes Keilelements an seiner Unterseite, wodurch die Flexibilität jedes Keilelements verbessert ist. In diesem Fall ist es selbst dann, wenn nur wenige Keilelemente vorliegen, möglich, die Druckkammer ausreichend unter Druck zu setzen, wodurch ausreichende Tintenausstoßeigenschaften erzielt werden können.

Mit dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren ist es auf einfache Weise möglich, einen Tintenstrahlkopf mittels Halbleiter-Filmbildungstechniken herzustellen, ohne daß komplizierte Bearbeitungs- und Zusammenbauprozesse in herkömmlicher Weise ausgeführt werden müssen. Daher verbessert das Verfahren die Produktivität hinsichtlich Tintenstrahlköpfen und verringert die Herstellkosten.

Ferner ist es aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, einen Kopf unter Verwendung z. B. der Photolithographietechnik fein zu bearbeiten. So wird es möglich, einen Tintenstrahlkopf zu erhalten, der Druck mit hoher Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit ermöglicht.

Hierbei wird das piezoelektrische Element vorzugsweise unter Verwendung eines Hydrothermalverfahrens als Film hergestellt, da dieses Verfahren die Filmbildungstemperatur bei der Herstellung des piezoelektrischen Elements erniedrigt, wodurch es möglich ist, Beschädigungen am Element zu verringern. Ferner ist es möglich, da in diesem Fall das piezoelektrische Element in natürlicher Weise in der Dickenrichtung des Substrats polarisiert ist, einen Polarisierungsprozeß für das piezoelektrische Element wegzulassen.

Für ein vollständigeres Verständnis der Art und der Vorteile der Erfindung ist auf die folgende detaillierte Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen Bezug zu nehmen.

Fig. 1 ist eine Draufsicht, die schematisch den Aufbau eines erfindungsgemäßen Tintenstrahlkopfs zeigt.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht entlang der Linie A—A' in Fig. 1.

Fig. 3 ist eine Schnittansicht, die einen Zustand zeigt, bei dem eine Spannung an ein piezoelektrisches Element des Tintenstrahlkopfs angelegt wird.

Fig. 4(a) bis 4(k) sind Schnittansichten, die Herstellungsprozesse für eine Druckausübungsplatte im Tintenstrahlkopf zeigen.

Fig. 5 ist eine Draufsicht, die einen anderen Aufbau eines erfindungsgemäßen Tintenstrahlkopfs zeigt.

Fig. 6 ist eine Draufsicht, die noch einen anderen Aufbau eines erfindungsgemäßen Tintenstrahlkopfs zeigt.

Die folgende Beschreibung erörtert unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 6 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Wie es in Fig. 2 veranschaulicht ist, verfügt ein Tintenstrahlkopf 1 über eine ebene Struktur mit mehreren Platten, zu denen eine Düsenplatte 2 (zweite Platte) und eine Druckausübungsplatte 3 (dritte Platte) und eine Druckkammer 4 gehören.

Die Düsenplatte 2 besteht z. B. aus einer Glas- oder Kunststofflage oder aus einem metallischen Material wie Nickel. Die Dicke der Düsenplatte 2 ist vorzugsweise auf 0,2 mm oder weniger eingestellt. Die Düsenplatte 2 ist mit einer kegelförmigen Düse 5 versehen, die zum Ausstoßen von Tinte verwendet wird. Diese Düse 5 ist an einer Position, die der Mitte der Druckkammer 4 entspricht, auf solche Weise angebracht, daß sie die Düsenplatte 2 in deren Dickenrichtung durchdringt.

Die Druckausübungsplatte 3 ist so kombiniert, daß sie die Druckkammer 4 zur Düsenplatte 2 hin zusammendrückt, um innerhalb der Druckkammer 4 enthaltene Tinte durch die Düse 5 auszustößen. Die Druckausübungsplatte 3 steht der Düsenplatte 2 praktisch parallel flächig gegenüber, wobei sich ein vorbestimmter Zwischenraum dazwischen befindet. Die Druckausübungsplatte 3 besteht aus einem ebenen, quadratischen Substrat 6, einem piezoelektrischen Dünnefilmelement 7, das auf einer Seitenfläche des Substrats 6 angebracht ist, und einer Membran 8, die an einer Seitenfläche des Substrats 6 auf solche Weise liegt, daß sie den Bereich abdeckt, in dem das piezoelektrische Element 7 angebracht ist. Hierbei werden die jeweiligen Komponenten durch Halbleiter-Filmbildungstechniken und Bearbeitungstechniken hergestellt, was später beschrieben wird.

Die Druckkammer 4 besteht aus der Düsenplatte 2, der Membran 8 der Druckausübungsplatte 3 und einem zwischen die Platten 2 und 3 eingefügten Abstandshalter 11; sie wird mit Tinte gefüllt. Die Innenwand des Abstandshalters 11 verfügt im Querschnitt über runde Form, und seine Außenwand verfügt im Querschnitt über quadratische Form. In einem Bereich der Innenwand des Abstandshalters 11 ist eine Nut 12 auf solche Weise ausgebildet, das sie in radialer Richtung eindringt, und sie dient als Tintenversorgungseinlaß. Hierbei besteht der Abstandshalter 11 vorzugsweise aus einem isolierenden Material wie einem photoempfindlichen Kleber aus Polyimid oder der Acrylgruppe.

Das Substrat 6 besteht vorzugsweise aus einem Material wie Silizium oder Glas, und es verfügt über eine Form mit Vertiefung, wobei die Rückseite offen ist. Wie es in Fig. 1 dargestellt ist, ist das Substrat 6 mit vier dünnen, Sektoren bildenden Keilelementen 61 bis 64 (flexible Elemente) versehen, von denen sich jedes vom Umfang zum Zentrum erstreckt. Ferner sind innerhalb eines runden Bereichs um das Zentrum des Substrats 6 herum Trennnuten 65 (Schlitze) ausgebildet, bei denen es

sich um x-förmige Nutabschnitte handelt, die sich im Zentrum schneiden. Auf diese Weise sind die Sektoren, die die runde Platte in vier Teile unterteilen, so konzipiert, daß jede die Form eines einseitig gehaltenen Trägers aufweist, wobei das eine Ende befestigt und das andere nicht befestigt ist. Im Ergebnis kann jedes der Keilelemente 61 bis 64 in der Dickenrichtung flexibel verformt werden.

Das piezoelektrische Element 7 besteht aus Bereichen mit derselben Form wie der der Keilelemente 61 bis 64, und diese sind auf die jeweiligen Oberseiten der Keilelemente 61 bis 64 und einen Umfangsrahmenbereich laminiert, der die Ränder dieser Bereiche verbindet. Hierbei verfügt das piezoelektrische Element 7 über einen dreischichtigen Unimorphaufbau mit einem Film 71 des piezoelektrischen Elements, der in der Richtung von der Membran 8 zum Substrat 6 polarisiert ist (durch einen Pfeil in Fig. 2 gekennzeichnet), einem Film 72 in einem unteren Abschnitt (erster Elektrodenfilm), der auf der Rückseite des Films 71 des piezoelektrischen Elements ausgebildet ist, und einem Elektrodenfilm 73 im oberen Abschnitt (zweiter Elektrodenfilm), der auf die Oberfläche des Films 71 des piezoelektrischen Elements auflaminiert ist. Diese Anordnung ermöglicht es, die Größe des Elements im Vergleich mit der eines piezoelektrischen Elements mit Bimorphaufbau zu verringern, wodurch Tintenstrahlköpfe hochintegriert hergestellt werden können.

Zwischen den unteren Elektrodenfilm 72 und das Substrat 6 ist ein Isolierfilm 74 eingefügt. Ferner ist eine Spannungsquelle 9 über einen Schalter 10 mit dem oberen Elektrodenfilm 73 des piezoelektrischen Elements 7 verbunden. Der untere Elektrodenfilm 72 ist dagegen mit Masse verbunden. Anders gesagt, wird von der Spannungsquelle 9 eine Spannung so angelegt, daß ein elektrisches Feld in derselben Richtung wie der Polarisationsrichtung des Films 71 des piezoelektrischen Elements erzeugt wird.

Die Membran 8 besteht vorzugsweise aus einem duktilen Material wie Nickel, und sie ist auf solche Weise mit ihrem Träger verbunden, daß sie einen Bereich bedeckt, in dem das piezoelektrische Element 7 und die Keilelemente 61 bis 64 auf einer Fläche des Substrats 6 liegen. Hierbei ist die Membran 8 nur in ihrem Außenumfangsbereich und ihrem Innenumfangsbereich mit dem oberen Elektrodenfilm 73 des piezoelektrischen Elements 7 verbunden, während die anderen Bereiche nicht mit dem oberen Elektrodenfilm 73 in Kontakt treten dürfen.

Die folgende Beschreibung erörtert die Funktion des Tintenstrahlkopfs 1.

Als erstes wird Tinte über den Tintenversorgungseinlaß, d. h. die Nut 12 im Abstandshalter 11, der Druckkammer 4 zugeführt und in diese eingefüllt. So wird die Membran 8 in Tinte eingetaucht. Danach legt die Spannungsquelle 9 eine Spannung an den oberen Elektrodenfilm 73 der Druckausübungsplatte 3 an. Da das Anlegen der Spannung ein elektrisches Feld in derselben Richtung wie der Polarisationsrichtung des piezoelektrischen Elements 7 erzeugt, kann sich das piezoelektrische Element 7 in der Dickenrichtung ausdehnen und in der Längsrichtung (radiale Richtung) zusammenziehen. So werden das piezoelektrische Element 7 und die vier Keilelemente 61 bis 64 des Substrats 6 flexibel verformt und in einer Richtung gebogen, in der sie sich der Düsenplatte 2 annähern, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Demgemäß dehnt sich die Membran 8 zur Seite der Düsenplatte 2 hin aus, so daß die Druckkammer 4 unter

Druck gesetzt wird. Im Ergebnis wird die innerhalb der Druckkammer 4 befindliche Tinte durch die Düse 5 herausgedrückt und in Form von Tintentröpfchen aus ihr ausgestoßen. Die Tintentröpfchen ermöglichen einen Druckvorgang auf der Oberfläche eines zu bedruckenden Blatts. Demgegenüber kehren das piezoelektrische Element und die vier Keilelemente 61 bis 64 des Substrats 6 in ihren in Fig. 2 dargestellten Ursprungszustand zurück, wenn von der Spannungsquelle 9 keine Spannung mehr angelegt wird.

Anders gesagt, werden die Keilelemente 61 bis 64 durch das Anlegen einer Spannung an das piezoelektrische Element 7 der Druckausübungsplatte 3 flexibel so verformt, daß die Membran 8 zur Seite der Druckkammer 4 ausgedehnt wird. Demgemäß wird die Druckkammer 4 unter Druck gesetzt, so daß die innerhalb der Druckkammer 4 befindliche Tinte durch die Düse 5 nach außen ausgestoßen wird.

Bei dieser Anordnung verfügt der Tintenstrahlkopf 1 durch die Verwendung des piezoelektrischen Dünnelements 7 über einen ebenen Aufbau mit mehreren Platten; daher ermöglicht es diese Struktur, im Vergleich mit der herkömmlichen Struktur unter Verwendung eines volumenmäßigen piezoelektrischen Elements, die Gesamtdicke und die Außenabmessungen des Tintenstrahlkopfs stark zu verringern. Ferner kann der Aufbau des Kopfs dadurch miniaturisiert werden, daß z. B. eine Photolithographietechnik verwendet wird, die Feinverarbeitungsvorgänge ermöglicht. Demgemäß ermöglicht es die vorstehend angegebene Anordnung, die Düsen 5 mit hoher Dichte anzuordnen und demgemäß einen Tintenstrahlkopf zu erhalten, der Druck mit hoher Genauigkeit und Dichte ermöglicht. Darüber hinaus ist es möglich, da kein Heizer mehr erforderlich ist, wie er bei herkömmlichen Blasenstrahlverfahren benötigt wurde, einen Tintenstrahlkopf mit langer Lebensdauer zu erhalten.

Darüber hinaus ist die Membran 8 bei der vorstehend angegebenen Anordnung auf solche Weise ausgebildet, daß sie den Bereich überdeckt, in dem das piezoelektrische Element 7 liegt, wobei der zentrale Bereich der Membran 8 durch die flexible Verformung der Keilelemente 61 bis 64 so heruntergedrückt wird, daß die Membran 8 zur Seite der Druckkammer 4 hin ausgedehnt wird. Diese Anordnung sorgt für besseres Ansprechverhalten der Membran 8 bei ihrem Expansionsvorgang, wobei das Expansionsausmaß größer wird, und es wird auch der Tintenausstoß schneller und zweckdienlicher.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 4(a) bis 4(k) erörtert die folgende Beschreibung ein Herstellverfahren für die Druckausübungsplatte 3 beim obenangegebenen Tintenstrahlkopf 1.

Als erstes werden, wie es in Fig. 4(a) dargestellt ist, mittels thermischer Oxidation Filme mit vorbestimmter Dicke (z. B. 1 µm) sowohl an der Ober- als auch der Rückseite des Substrats 6 hergestellt, das aus einem Siliziumwafer mit Kristallausrichtung (100) besteht; so werden Isolierfilme 74 hergestellt. Dann werden die Isolierfilme 74 durch eine Photolithographietechnik gemustert. In diesem Fall wird der Isolierfilm 74 auf der Oberfläche des Substrats 6 so gemustert, daß er nicht im x-förmigen Bereich ausgebildet ist, der später zum Ausbilden der Trennnuten 65 (Schlitze) zu verwenden ist. Der Isolierfilm 74 an der Rückseite des Substrats 6 wird dagegen so gemustert, daß er im Zentrum dieser Rückseite eine runde Öffnung aufweist. Hierbei wird bei der Photolithographietechnik (dem ersten Prozeß)  $\text{CHF}_3$  für den Ätzprozeß verwendet.

Danach wird, wie es in Fig. 4(b) dargestellt ist, das Substrat 6 in eine Kaliumhydroxidlösung getaucht und so geätzt, daß der runde Bereich ohne den Isolierfilm 74 in Dickenrichtung des Substrats an der Rückseite des Substrats 6 dünner wird, während er an der Vorderseite desselben so geätzt wird, daß der x-förmige Bereich ohne den Isolierfilm 74 in Richtung des Substrats dünner wird, um die x-förmigen Trennnuten 65' auszubilden (zweiter Prozeß).

Anschließend wird, wie es in Fig. 4(c) veranschaulicht ist, Polyimid 91 (erste Opferschicht) unter Verwendung von z. B. eines Sputterverfahrens oder eines Schleuderbeschichtungsverfahrens in die Trennnuten 65' des Substrats 6 eingebettet. In diesem Fall wird die Oberseite des Polyimids 91 auf ein Niveau gehoben, das über dem der Öffnung der Trennnuten 65' liegt (dritter Prozeß).

Danach wird, wie es in Fig. 4(d) veranschaulicht ist, Platin mit einer Dicke von z. B. 1 µm durch ein Sputterverfahren oder andere Verfahren an der Oberfläche des Substrats 6 als Film hergestellt. Dann wird das Platin durch eine Photolithographietechnik so gemustert, daß es nur an der Oberseite des Isolierfilms 74 auf der Oberfläche des Substrats 6 verbleibt; so wird der untere Elektrodenfilm 72 ausgebildet. Hierbei ist der bei der Photolithographietechnik verwendete Ätzprozeß ein Trockenätzprozeß wie ein Ionenfräsprozeß (vierter Prozeß).

Anschließend wird, wie es in Fig. 4(e) veranschaulicht ist, durch ein Sputterverfahren oder andere Verfahren an der Oberfläche des Substrats 6 ein Titankristall 92 hergestellt, der dann durch eine Photolithographietechnik so gemustert wird, daß er nur an der Oberseite des unteren Elektrodenfilms 72 zurückbleibt. Hierbei ist der bei der Photolithographietechnik verwendete Ätzprozeß ein Trockenätzprozeß wie ein Ionenfräsprozeß (fünfter Prozeß).

Danach wird, wie es in Fig. 4(f) veranschaulicht ist, das Substrat 6 in eine Kaliumhydridlösung, die  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ - und  $\text{Zr}^{4+}$ -Ionen enthält, eingetaucht und in einem Autoklaven belassen, der auf den Sättigungsdampfdruck bei 150°C eingestellt ist. Das heißt, daß das sogenannte Hydrothermalverfahren ausgeführt wird, durch das eine PZT-Schicht 93 (Bleizirkonattitanat) abgeschieden wird, die auf der Oberfläche des Titankristalls 92 aufwächst. Die PZT-Schicht 93 wächst nur auf dem Titankristall 92, der in Verbindung mit dem durch Fig. 4(e) veranschaulichten Prozeß beschrieben wurde; daher ist kein Musterbildungsvorgang erforderlich. Ferner ist auch kein Polarisierungsprozeß erforderlich, da die Kristallausrichtung des Titankristalls 92 in seiner Dickenrichtung ausgerichtet ist und da er ferner in der Richtung zum Substrat 6 hin polarisiert ist. Die PZT-Schicht 93 und der Titankristall 92 bilden den Film 71 des piezoelektrischen Elements. Hierbei wird, da die Kaliumhydridlösung nur geringe Konzentration aufweist, das in den Trennnuten 65' ausgebildete Polyimid 91 nicht geätzt (sechster Prozeß).

Danach wird, wie es in Fig. 4(g) veranschaulicht ist, Platin mit einer Dicke von z. B. 1 µm durch ein Sputterverfahren oder andere Verfahren als Film auf der Oberfläche des Substrats 6 hergestellt. Dann wird das Platin durch eine Photolithographietechnik so gemustert, daß es nur an der Oberseite des Films 71 des piezoelektrischen Elements verbleibt, wodurch der obere Elektrodenfilm 73 hergestellt ist. Hierbei ist der bei der Photolithographietechnik verwendete Ätzprozeß ein Trockenätzprozeß wie ein Ionenfräsprozeß (siebter Prozeß).

Danach wird, wie es in Fig. 4(h) veranschaulicht ist, eine Polyimidschicht 94 (zweite Opferschicht) unter

Verwendung eines Sputterverfahrens oder eines Schleuderbeschichtungsverfahrens in die x-förmigen Trennnuten 65' eingebettet, in denen weder der untere Elektrodenfilm 72, der Film 71 des piezoelektrischen Elements noch der obere Elektrodenfilm 73, die in Sektoren unterteilt wurden, auf der Oberfläche des Substrats 6 ausgebildet wurden (achter Prozeß).

Danach wird, wie es in Fig. 4(i) veranschaulicht ist, Aluminium 95 (dritte Opferschicht) als Film mit einer Dicke von 0,5 µm durch ein Sputterverfahren auf der Oberfläche des Substrats 6 ausgebildet. Dann wird das Aluminium 95 durch eine Photolithographietechnik so gemustert, daß es in einem vorbestimmten Bereich an der Oberseite des oberen Elektrodenfilms 73 zurückbleibt. Hierbei ist der bei der Photolithographietechnik verwendete Ätzprozeß ein Trockenätzprozeß wie ein Ionenfräsprozeß. Ferner wird der Abstand des kontaktfreien Bereichs zwischen dem oberen Elektrodenfilm 73 und der Membran 8 (siehe Fig. 4(j)) durch die Dicke des Aluminiums 95 bestimmt (neunter Prozeß).

Anschließend werden, wie es in Fig. 4(j) veranschaulicht ist, Tantal mit einer Dicke von 0,01 µm und Nickel mit einer Dicke von 0,1 µm durch ein Sputterverfahren auf der Oberfläche des Substrats 6 hergestellt. Danach wird durch ein elektrolytisches Plattierverfahren unter Verwendung dieser Metallfilme als Elektroden ein Plattierungsfilm mit vorbestimmter Dicke (z. B. 4 µm) hergestellt. Dieser Plattierungsfilm wird durch eine Photolithographietechnik so gemustert, daß die Membran 8 hergestellt wird. Bei diesem elektrolytischen Plattieren kann z. B. eine Nickelplattierung unter Verwendung eines Nickelbads aus Nickelsulfamat verwendet werden. Zum Erhöhen der Haftfestigkeit zwischen dem oberen Elektrodenfilm 73 und dem Nickel wird Tantal verwendet (zehnter Prozeß).

Danach wird, wie es in Fig. 4(k) veranschaulicht ist, das Substrat 6 in eine Kaliumhydroxidlösung eingetaucht. Dabei wird der runde Bereich, der geringe Substratdicke aufweist und an der Rückseite des Substrats 6 liegt, weiter so geätzt, daß er dünner wird und die x-förmigen Trennnuten 65 im Substrat 6 erreicht. Demgemäß sind die vier Keilelemente 61 bis 64 (siehe Fig. 1) am Substrat 6 ausgebildet. In diesem Fall werden gleichzeitig auch die Polyimid-Schichten 91 und 94, die als erste und zweite Opferschicht dienen, und das Aluminium 95, das als dritte Opferschicht dient, abgeätzt und entfernt. Hierbei wird die Filmdicke der Keilelemente 61 bis 64 durch die Ätzzeit gesteuert, und die Flexibilität der Keilelemente kann mittels der sich ergebenden Filmdicke eingestellt werden (elfter Prozeß).

Ferner werden der Abstandshalter 11 und die Düsenplatte 2 (beide sind in Fig. 2 dargestellt) mit der Membran 8 der Druckausübungsplatte 3 verbunden, die mittels der vorstehend angegebenen Prozesse hergestellt wurde; so wird der in den Fig. 1 und 2 dargestellte Tintenstrahlkopf 1 fertiggestellt.

Bei dieser Anordnung ist es möglich, die Druckausübungsplatte 3 auf einfache Weise unter Verwendung der vorstehend angegebenen Halbleiter-Filmbildungstechnik zu erhalten, ohne daß herkömmliche komplizierte Bearbeitungs- und Zusammenbauprozesse auszuführen sind. Daher verbessert die vorstehend angegebene Anordnung die Produktivität bei der Herstellung von Tintenstrahlköpfen, und sie führt zu einer Verringerung der Herstellkosten.

Ferner ist es mittels der vorstehend angegebenen Maßnahmen möglich, einen Kopf mit feiner Struktur mittels Feinbearbeitungsvorgängen unter Verwendung

einer Photolithographietechnik zu erhalten. So wird es möglich, einen Tintenstrahlkopf herzustellen, der Druck mit hoher Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit ermöglicht.

Was den Prozeß zum Herstellen des piezoelektrischen Elements 7 in der Druckausübungsplatte 3 betrifft, soll die Erfindung nicht auf den vorstehend angegebenen Prozeß beschränkt sein. Zum Beispiel kann der obige fünfte Prozeß weggelassen werden, und statt des beim sechsten Prozeß verwendeten Hydrothermalverfahrens kann der Film 71 des piezoelektrischen Elements unter Verwendung anderer Verfahren hergestellt werden wie des Sol-Gel-Verfahrens, des Sputterverfahrens oder des CVD-Verfahrens. In diesen Fällen ist jedoch ein zusätzlicher Polarisierungsprozeß hinsichtlich des hergestellten Films 71 des piezoelektrischen Elements erforderlich.

Darüber hinaus hat sich, was die Filmdicken der jeweiligen Komponenten betrifft, herausgestellt, daß bessere Tintenausstoßeigenschaften erzielt werden, wenn jedes der Keilelemente 61 bis 64 des Substrats 6 auf eine Dicke von 30 µm eingestellt wird, der Film 71 des piezoelektrischen Elements auf eine Dicke von 30 µm eingestellt wird, die Dicke sowohl des oberen Elektrodenfilms 73 als auch des unteren Elektrodenfilms 72 auf 1 µm eingestellt wird und die Dicke der Membran 8 auf 4 µm eingestellt wird. Jedoch sollen die Filmdicken der jeweiligen Komponenten nicht speziell auf die vorstehend angegebenen Werte beschränkt sein.

Ferner soll die Erfindung nicht auf das vorstehend angegebene Ausführungsbeispiel beschränkt sein, da verschiedene Anwendungen und Modifizierungen vorgenommen werden können.

Zum Beispiel ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel jedes der Keilelemente 61 bis 64 am Substrat 6 in der Druckausübungsplatte 3 durch Unterteilen einer runden Platte in vier Sektoren hergestellt; jedoch werden die Anzahl der Unterteilungen und die individuellen Formen nach Wunsch bestimmt. Hierbei werden, wenn die Anzahl der Unterteilungen auf weniger als vier verringert wird, die Keilelemente 61 bis 64 in der Umfangsrichtung leicht verformt, zusätzlich zur Verformung in radialer Richtung. Dies führt zu Schwierigkeiten beim Erzielen besserer Tintenausstoßeigenschaften aufgrund unzureichender Niederdruckkraft und anderer Probleme. Demgegenüber ist es möglich, die Tintenausstoßeigenschaften zu verbessern, wenn die Anzahl der Unterteilungen auf nicht weniger als vier erhöht wird, da dann die Keilelemente 61 bis 64 in Umfangsrichtung kaum verformt werden.

Anders gesagt, kann, wie es in Fig. 5 veranschaulicht ist, eine runde Platte z. B. in acht Sektoren unterteilt werden, um Keilelemente 61a, 61b, 62a, 62b, 63a, 63b, 64a und 64b zu schaffen. Darüber hinaus kann, wie es in Fig. 6 veranschaulicht ist, z. B. jedes der acht Keilelemente 61a, 61b, 62a, 62b, 63a, 63b, 64a und 64b so konzipiert sein, daß es die Form eines Streifens aufweist, der sich nach oben hin verzüngt. Diese Anordnung verschmälert die Breite der Unterseite jedes Keilelements, wodurch es möglich ist, die Flexibilität jedes der Keilelemente zu erhöhen. Daher ist es selbst bei einer Verringerung der Anzahl der Unterteilungen möglich, ausreichende Tintenausstoßeigenschaften zu erzielen.

#### Patentansprüche

1. Tintenstrahlkopf (1), gekennzeichnet durch:  
— eine erste Platte (3);

- eine zweite Platte (2), die der ersten Platte gegenüberstehend angeordnet ist; und
  - eine Druckkammer (4), die zwischen der ersten und der zweiten Platte liegt und mit Tinte befüllbar ist;
  - wobei die erste Platte mit einem flexiblen Abschnitt (6) versehen ist, der sich zur zweiten Platte hin verformen kann, und ein piezoelektrisches Dünnschichtelement (7), das den flexiblen Abschnitt verformt, so auf laminierte Weise auf diesem ausgebildet ist, daß die flexible Verformung der ersten Platte die Druckkammer unter Druck setzt, damit innerhalb ihr befindliche Tinte aus ihr ausgestoßen werden kann.
2. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch:
- eine Membran (8), die auf solche Weise ausgebildet ist, daß sie den Bereich überdeckt, in dem das piezoelektrische Element (7) liegt;
  - wobei es die flexible Verformung des flexiblen Abschnitts (6) der Membran ermöglicht, sich zur Druckkammer (4) hin auszudehnen, wodurch die Druckkammer so unter Druck gesetzt wird, daß die innerhalb ihr befindliche Tinte aus ihr ausgestoßen wird.
3. Tintenstrahlkopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der flexible Abschnitt (6) aus mehreren Keilelementen (61–64) besteht, von denen jedes ein an einem Substrat befestigtes Ende aufweist.
4. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- die erste Platte eine Düsenplatte (2) mit einer zum Ausstoßen von Tinte verwendeten Düse ist;
  - die zweite Platte eine Druckausübungsplatte (3) ist, die der Düsenplatte mit einem vorbestimmten Intervall gegenüberstehend angeordnet ist; und
  - die Druckkammer (4) aus dem Zwischenraum zwischen den zwei Platten besteht;
  - wobei die Druckausübungsplatte mit einem Substrat mit Keilelementen (61–64), von denen jeweils ein Ende am Substrat befestigt ist, einem piezoelektrischen Dünnschichtelement (7), das auf die Keilelemente aufgestapelt ist und das es diesen ermöglicht, sich in der Dickenrichtung zu verformen, und einer Membran (8) versehen ist, die auf solche Weise verbunden ist, daß sie den Bereich überdeckt, in dem das piezoelektrische Element und die Keilelemente liegen, wobei das piezoelektrische Element so konzipiert ist, daß es die Keilelemente so verformt, daß sich die Membran zur Seite der Druckkammer hin ausdehnt, wodurch die Druckkammer unter Druck gesetzt wird und die innerhalb ihr befindliche Tinte aus ihr ausgestoßen wird.
5. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Keilelemente (61–64) so konzipiert ist, daß es auf radiale Weise von der Umfangsseite zum Zentrum verläuft.
6. Tintenstrahlkopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (7) Unimorphstruktur aufweist, mit einem ersten Elektrodenfilm (72), einem Film (71) des piezoelektrischen Elements, der auf die Oberfläche des ersten Elektrodenfilms aufge-

stapelt ist, und einem zweiten Elektrodenfilm (73), der auf die Oberfläche des Films des piezoelektrischen Elements aufgestapelt ist.

7. Tintenstrahlkopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Keilelemente (61–64) dadurch hergestellt wurden, daß ein runder Bereich im Substrat (6) in nicht weniger als vier Teile unterteilt wurde.

8. Tintenstrahlkopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Keilelement (61a–64a, 61b–64b) streifenförmig ausgebildet ist, wobei sich der Streifen zum Zentrum hin verjüngt.

9. Verfahren zum Herstellen eines Tintenstrahlkopfs, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Herstellen eines ersten Elektrodenfilms (72) auf einem Substrat (6) mit einem Muster, das praktisch mit dem von Keilelementen übereinstimmt, hinsichtlich derer jeweils nur ein Ende mit dem Substrat verbunden ist;
- Herstellen eines Titankristalls (92) mit einem Muster, das praktisch mit dem des ersten Elektrodenfilms übereinstimmt, auf demselben;
- Herstellen eines Films (71) eines piezoelektrischen Elements aus PZT auf der Oberfläche des Titankristalls;
- Herstellen eines zweiten Elektrodenfilms (73) mit einem Muster, das praktisch mit dem des Films des piezoelektrischen Elements übereinstimmt, auf demselben;
- Auffüllen eines Nutabschnitts (65), in dem weder der erste Elektrodenfilm noch der Film des piezoelektrischen Elements noch der zweite Elektrodenfilm existieren, mit einer Opferschicht (94) auf der Oberflächenseite des Substrats;
- Herstellen einer Membran (8) auf den Oberflächen des zweiten Elektrodenfilms und der Opferschicht in solcher Weise, daß diese bedeckt sind;
- Abätzen der Rückseite des Substrats auf den Nutabschnitt und
- Entfernen der im Nutabschnitt liegenden Opferschicht.

10. Herstellungsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Film (71) des piezoelektrischen Elements unter Verwendung eines Hydrothermalverfahrens hergestellt wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



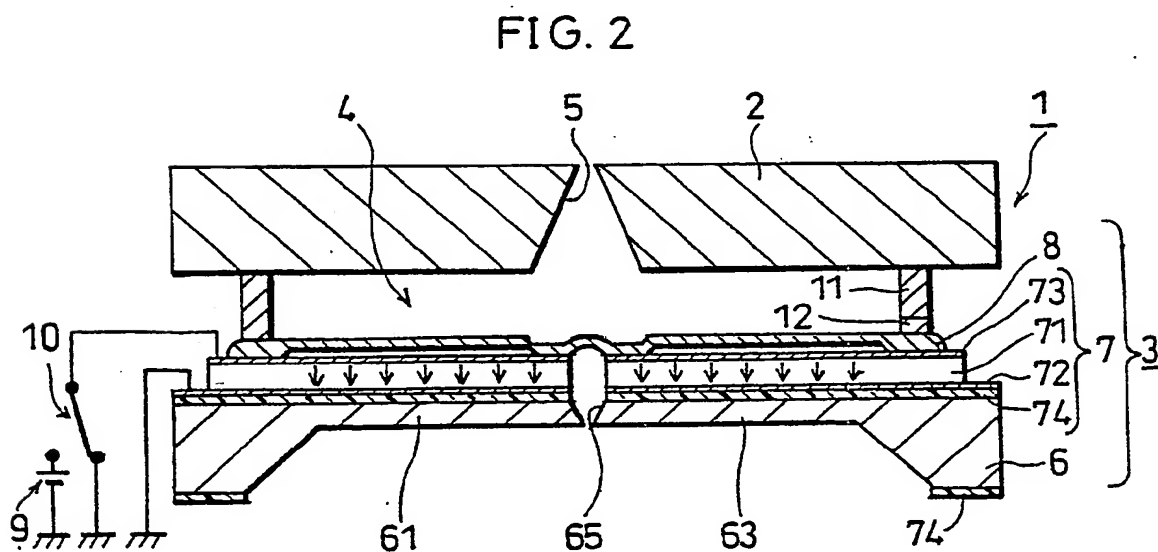
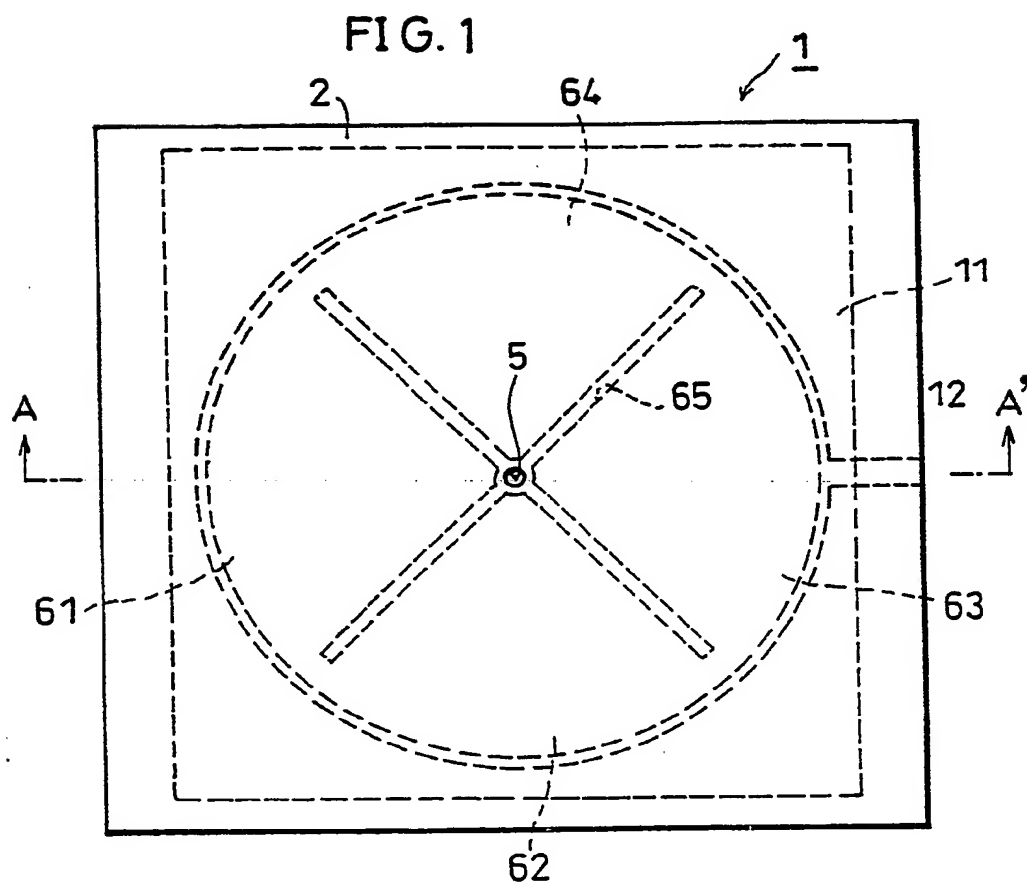




FIG. 3

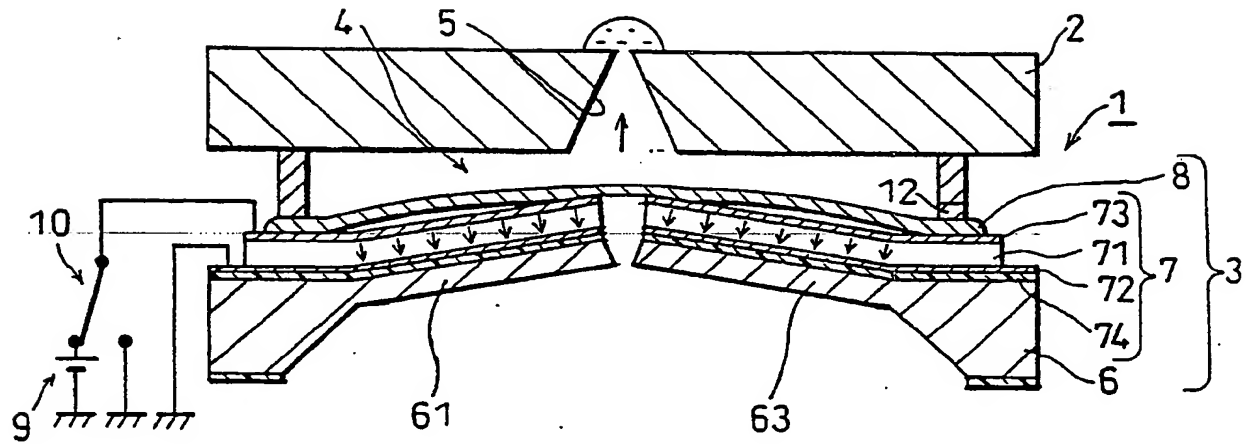


FIG.4(a)

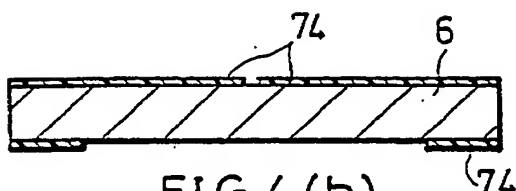


FIG.4(b)

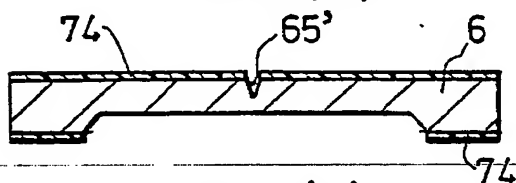


FIG.4(c)

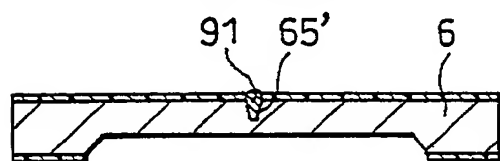


FIG.4(d)

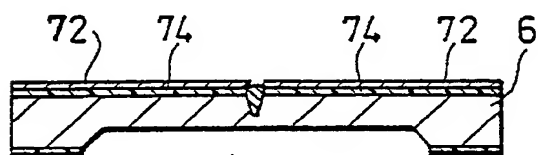


FIG.4(e)

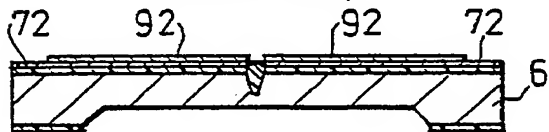


FIG.4(f)

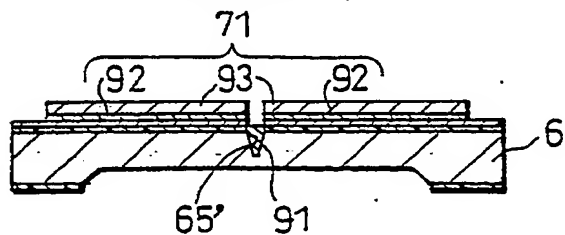


FIG.4(g)

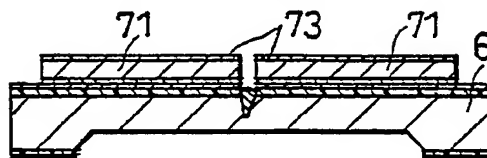


FIG.4(h)

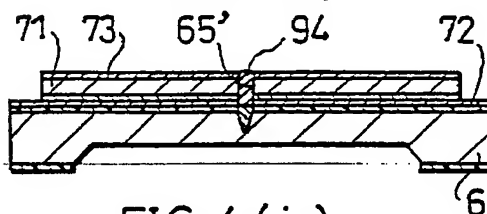


FIG.4(i)

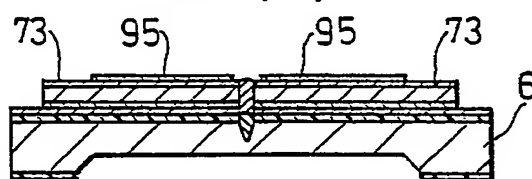


FIG.4(j)

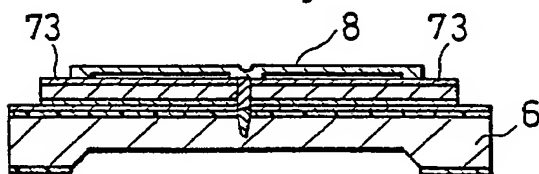
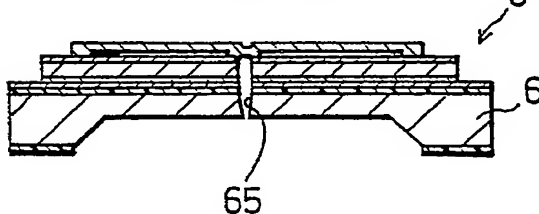
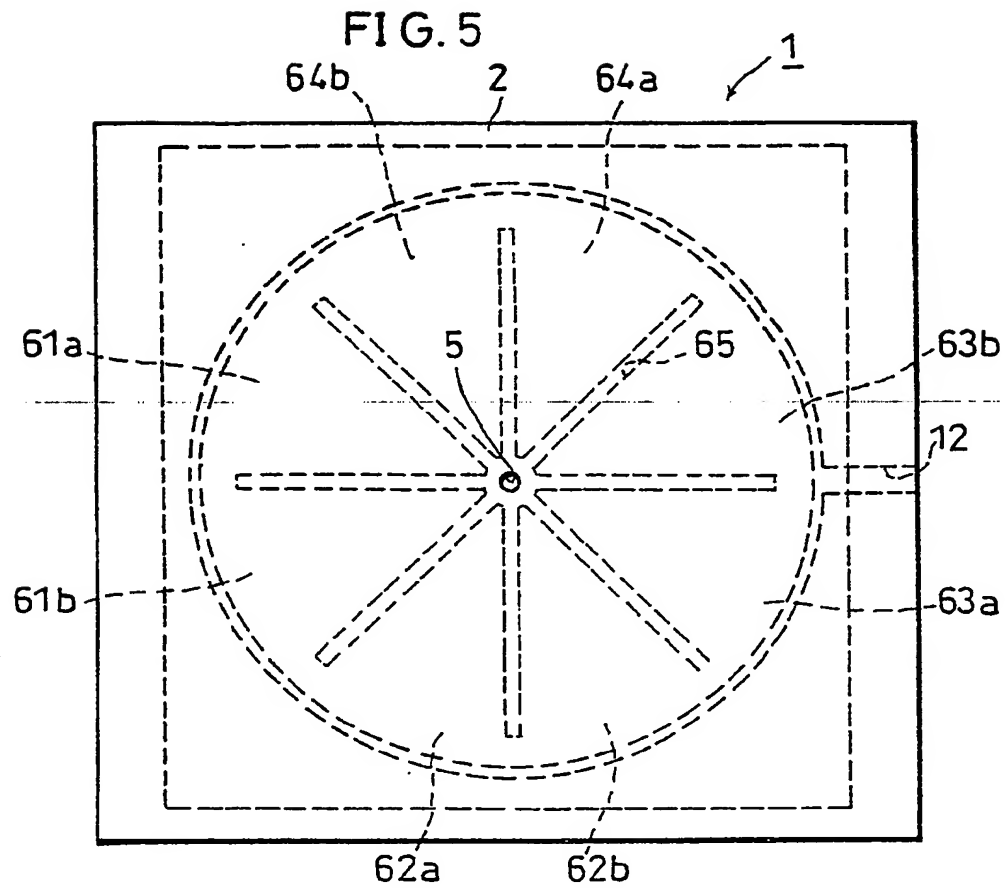


FIG.4(k)





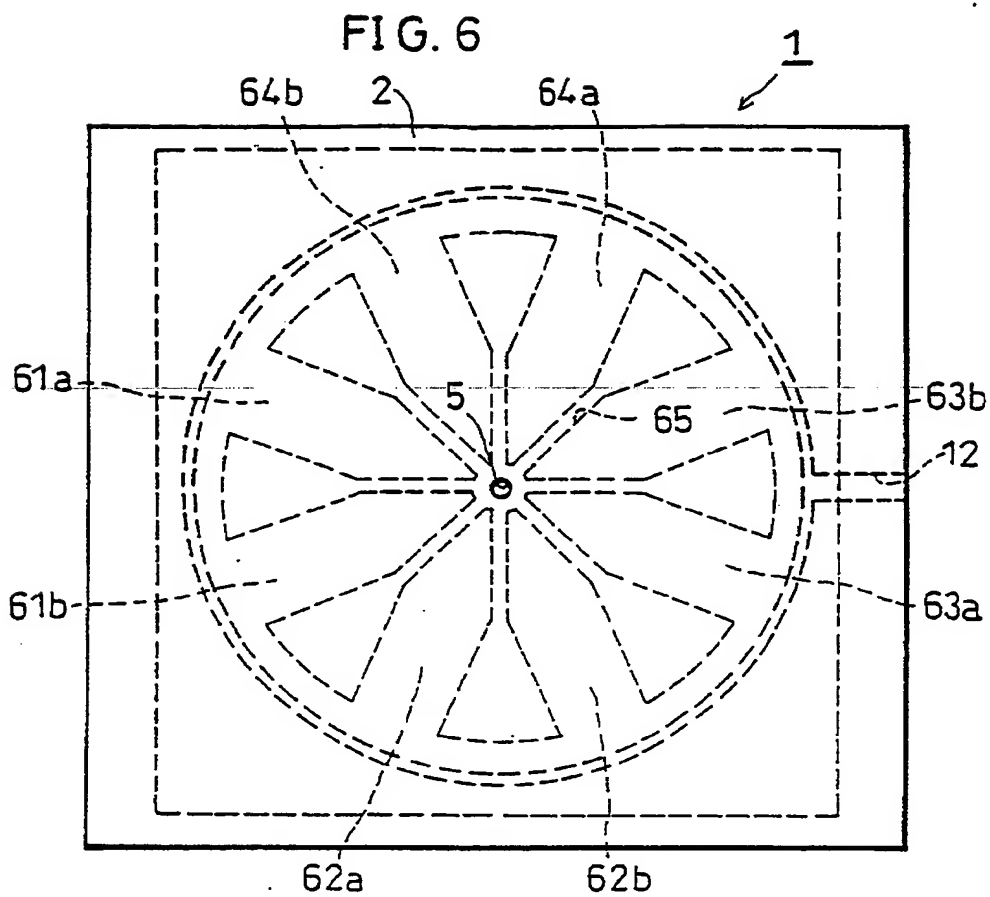


FIG. 1

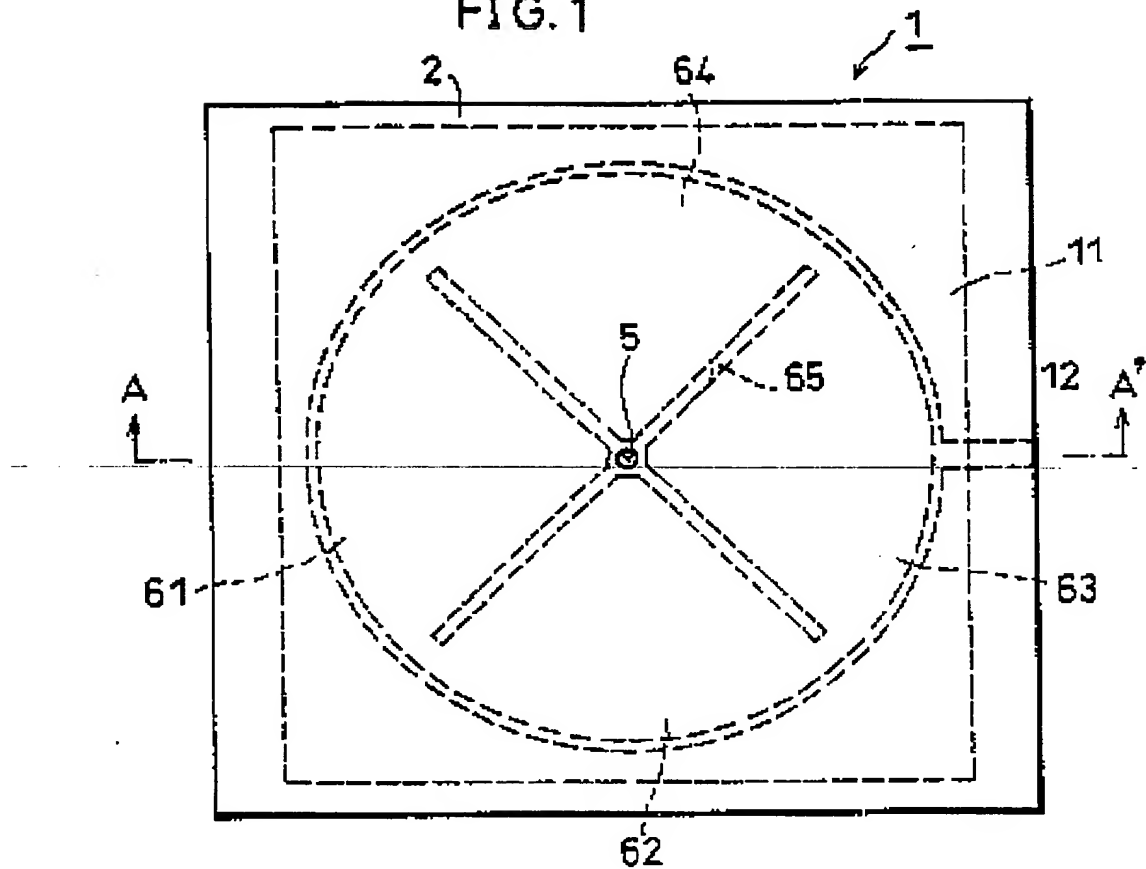


FIG. 2

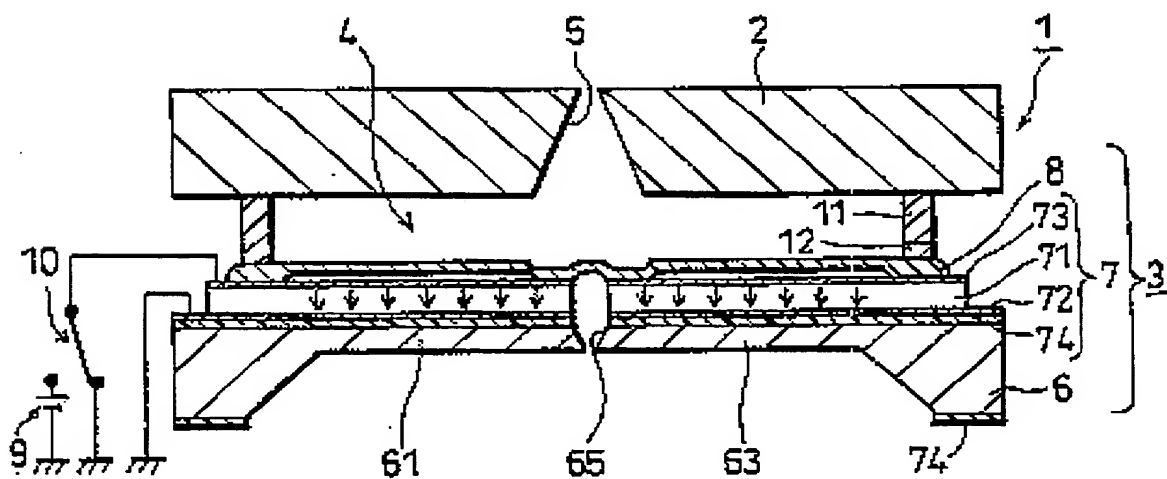


FIG. 3

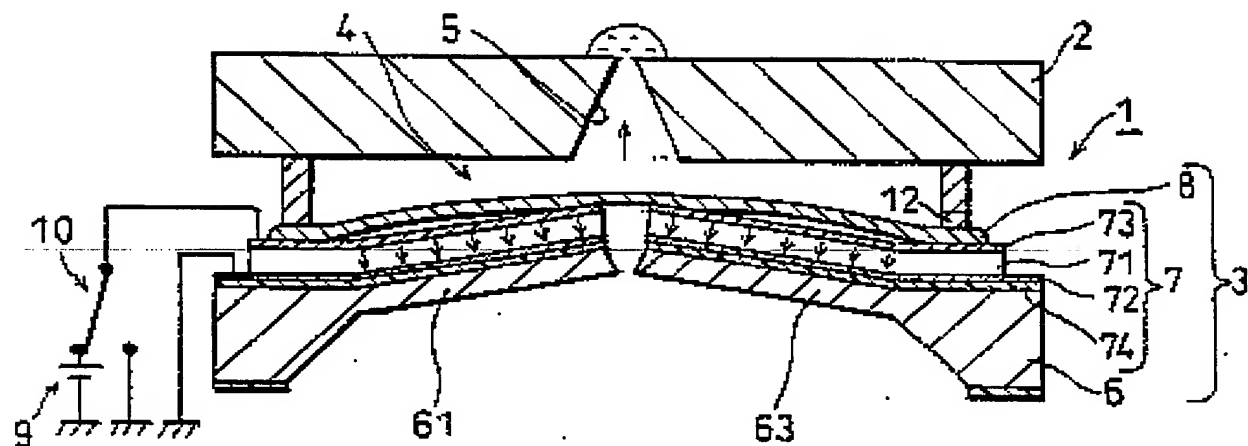


FIG.4(a)

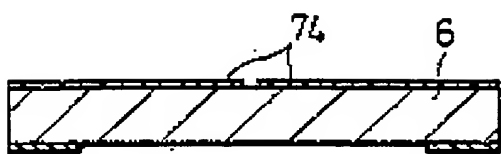


FIG.4(b)

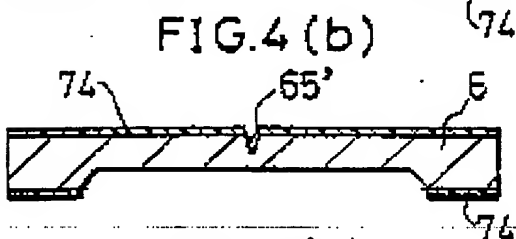


FIG.4(c)

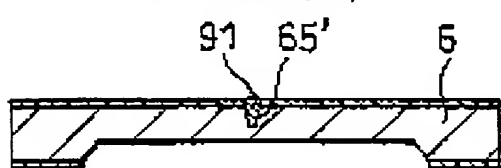


FIG.4(d)

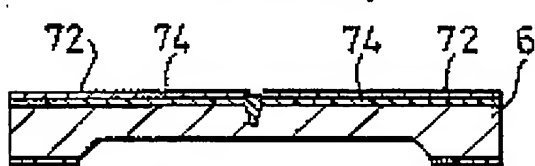


FIG.4(e)

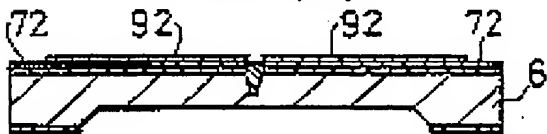


FIG.4(f)

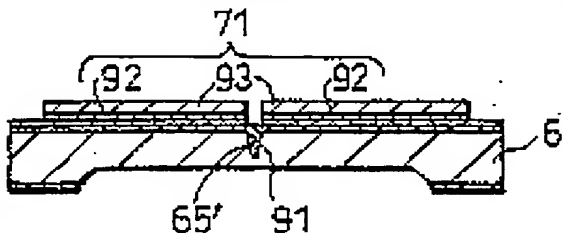


FIG.4(g)

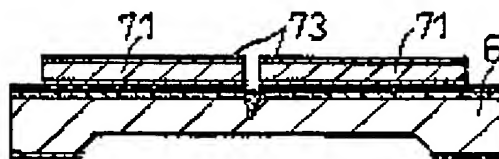


FIG.4(h)

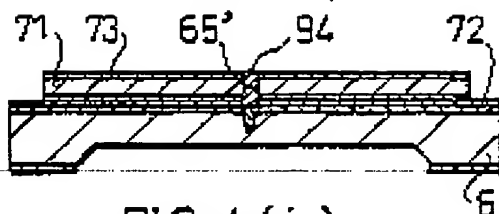


FIG.4(i)

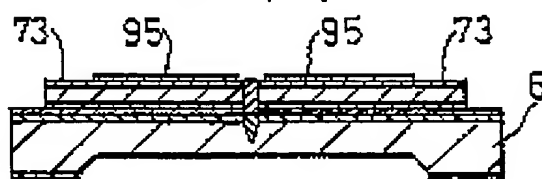


FIG.4(j)

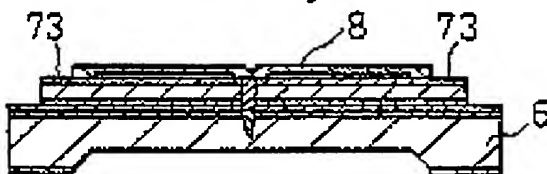
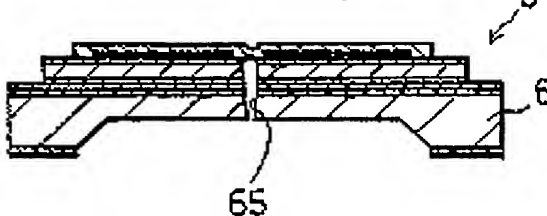
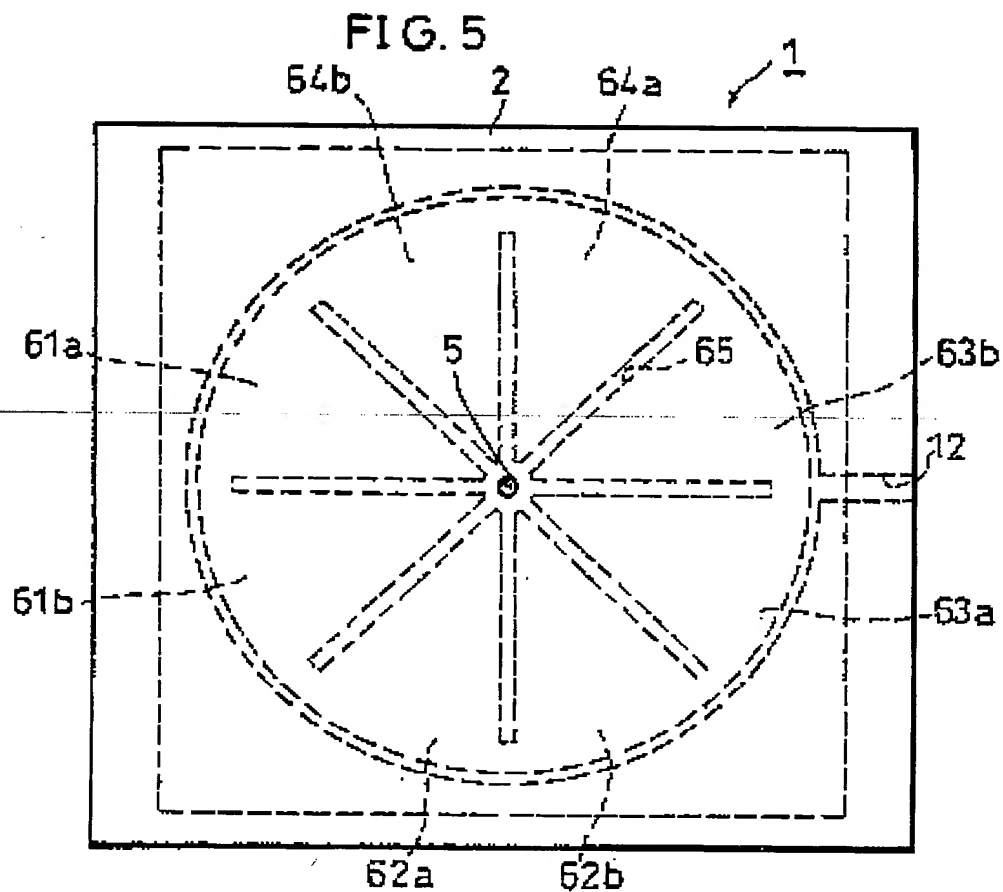
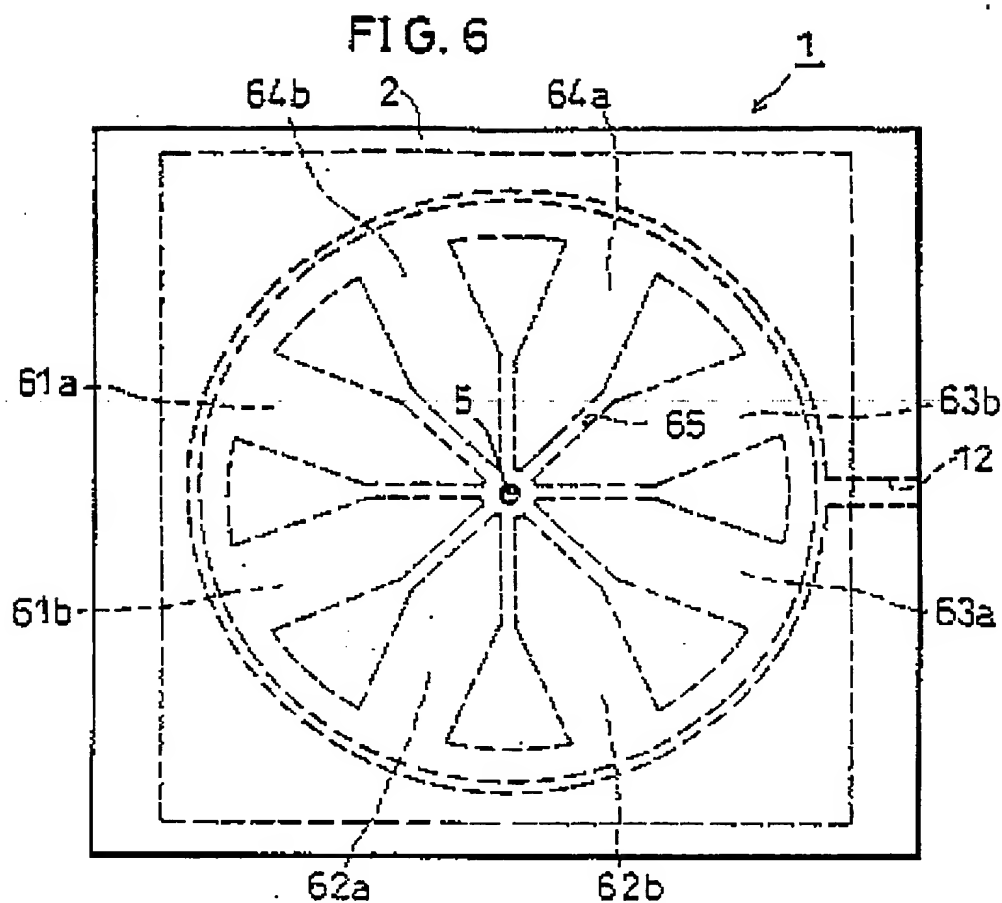


FIG.4(k)









**THIS PAGE BLANK (USPTO)**